

# EXTRAÇÃO DE CONTORNOS DE TELHADOS DE EDIFÍCIOS EM IMAGENS DIGITAIS USANDO SNAKES COM PENALIZAÇÃO DE SOMBRA

ESROM AFONSO RISSATE JÚNIOR<sup>1</sup>, ALUIR PORFÍRIO DAL POZ

Universidade Estadual Paulista - Unesp  
Faculdade de Ciências e Tecnologia - FCT  
Departamento de Cartografia, Presidente Prudente – SP  
Bolsista de IC – PIBIC/CNPq  
esromjr@hotmail.com, aluir@fct.unesp.br

## ABSTRACT

Snakes and Dynamic Programming concepts have been largely explored in applications involving road extractions. However, only a few approaches using snakes have been developed in building extractions. This paper proposes a method to extract roof buildings from high resolution images using snakes. It's proposed a modification of the energy function to work with shadows that surround the roof, which are often parallel with the edge of the building. It's proposed to optimize the energy function through Dynamic Programming algorithm, instead of using Variational Method.

**Key words:** Active Contour, Snakes, Dynamic Programming, Building Extraction

## 1 INTRODUÇÃO

Os conceitos de *snakes* e programação dinâmica (PD) têm sido amplamente explorados em aplicações envolvendo a extração da malha viária, podendo-se citar Li (1997), Agouris *et al.* (2001), Dal Poz e Vale (2003) e Dal Poz *et al.* (2010). Entretanto, poucas abordagens utilizando *snakes* têm sido desenvolvidas na área de extração de edifícios. Neste projeto de pesquisa é proposto um método para extrair contornos de telhados de edifícios a partir de imagens digitais de alta resolução (GSD < 0,7 m), assim como uma modificação da função de energia de *snakes* para possibilitar o tratamento de sombras adjacentes aos edifícios.

Neste artigo é proposta uma modificação na função de energia de contorno ativo, visando eliminar a influência de sombra na extração de contorno de edifícios em imagens digitais de alta resolução, bem como otimizar a função de energia resultante via PD.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Modificação da função de energia da Snakes

*Snakes* ou modelo de contorno ativo é um modelo deformável de segunda ordem, com parametrização unidimensional (o comprimento  $s$  da curva) e com 2 graus

de liberdade de deformação. (Li, 1997). Sendo  $\zeta$  uma curva plana que age como um modelo deformável sobre uma imagem digital, representada por uma função vetorial  $v(s) = (x(s), y(s))$ , que mapeia o parâmetro  $s$  pertencente ao intervalo  $[a, b]$  para os pontos  $x(s)$ ,  $y(s)$  na imagem digital, a energia de deformação da *snakes* é dada na forma (LI, 1997):

$$E(v) = \int_a^b (w_1(s)|v_s(s)|^2 + w_2(s)|v_{ss}(s)|^2) ds \quad (1) \\ + \int_a^b w(s)P(v(s))ds$$

onde:  $v_s$  é a primeira derivada da função  $v$  em relação ao parâmetro  $s$ , sendo conhecida como o termo de 1º ordem, que associado com o peso  $w_1(s)$ , controla a elasticidade da *snakes*;  $v_{ss}$  é a segunda derivada da função  $v$  em relação ao parâmetro  $s$ , sendo conhecida como termo de 2º ordem, que associado com o peso  $w_2(s)$ , controla a rigidez da *snakes*;  $P(v(s))$  é uma função penalidade; e  $w(s)$  é o peso da função penalidade. De uma forma geral, à medida que a razão  $w_1(s)/w_2(s)$  varia de zero ao infinito, a curva *snakes* varia de uma *spline* cúbica a uma linha poligonal.

O termo  $w(s)P(v(s))$  é responsável pela atração da curva *snakes* por parte da feição de interesse utilizando a energia externa proveniente dos dados de imagem. É de interesse neste projeto a feição que se caracteriza na imagem como borda de grau (*step edge*), que é o caso das bordas que definem os contornos de edifícios numa imagem. Nesse caso, o termo de energia externa é definido como segue (OLIVEIRA, 2003):

$$E_{\text{edge}}(v) = \int_a^b P_{\text{edge}}(v(s)) ds \quad (2) \\ = w_{\text{edge}} \int_a^b |\nabla G(x(s), y(s))|^2 ds$$

onde  $\nabla G(x(s), y(s))$  é o vetor gradiente na posição  $(x(s), y(s))$  e  $w_{\text{edge}}$  é um peso.

A modificação proposta na equação de energia visa atenuar a energia de borda resultante de sombra

projetada pelo edifício. A borda de sombra que pode causar problema é a que se dispõe paralela e proximamente ao edifício. Numa imagem digital, os topos de edifícios são geralmente mais claros que o fundo. Isso significa que o vetor do gradiente em pontos de contorno de telhados deve apontar para o interior do telhado. Como as sombras são bem mais escuras em relação ao entorno, o vetor do gradiente em pontos de contorno de sombra aponta para a região externa à mesma. Portanto, para um lado de telhado com sombra aproximadamente paralela e próxima, os vetores do gradiente tomados em pontos de borda do lado de contorno e de borda da sombra serão aproximadamente antiparalelos. Nessas condições, o vetor gradiente num ponto  $\mathbf{a}$  ( $\vec{V}_a$ ) do contorno de telhado formará um ângulo agudo com o vetor ( $\vec{B}_a$ ) que aponta do ponto  $\mathbf{a}$  para o baricentro do polígono. Dessa forma, o produto escalar  $\vec{V}_a \cdot \vec{B}_a > 0$ . Se o ponto  $\mathbf{a}$  for um ponto de borda de sombra, ambos os vetores formarão um ângulo obtuso e, conseqüentemente,  $\vec{V}_a \cdot \vec{B}_a < 0$ . Com base nesta discussão, pode-se rescrever a Equação 2 de forma a beneficiar pontos de borda de contorno de edifício:

$$E_{\text{edge}}(v) = w_{\text{edge}} \int_a^b f(\vec{V}_{a_s}, \vec{B}_{a_s}) |\nabla G(x(s), y(s))|^2 ds$$

onde  $f(\vec{V}_{a_s}, \vec{B}_{a_s}) = 1$ , se  $\vec{V}_{a_s} \cdot \vec{B}_{a_s} > 0$ , e  $f(\vec{V}_{a_s}, \vec{B}_{a_s}) = -1$ , se  $\vec{V}_{a_s} \cdot \vec{B}_{a_s} < 0$

### 3 EXPERIMENTOS

A realização dos experimentos para a extração de contornos de edifícios usando *snakes* foi feita usando imagens de alta resolução, obtidas junto ao Laboratório de Fotogrametria da FCT – Unesp. São imagens da cidade de Curitiba, PR. A metodologia apresentada foi implementada em linguagem C++, no ambiente C++ Builder.

Para realizar a extração do contorno do edifício utilizando o programa, inicialmente deve-se carregar a imagem que contém a região de interesse. A extração é feita de modo semi-automático, ou seja, o operador insere grosseiramente pontos sementes nos vértices do edifício. Assim, a partir da posição inicial, a curva *snakes* evolui a cada iteração, proporcionando o adensamento da poligonal inicial, a construção das janelas de busca nos pontos amostrados e a execução do algoritmo por programação dinâmica, posicionando-se na borda do edifício.

A Figura 1 mostra um recorte da imagem contendo uma feição a ser extraída, com seu resultado ao lado. Embora este resultado seja preliminar, já é possível prever que o método é promissor.

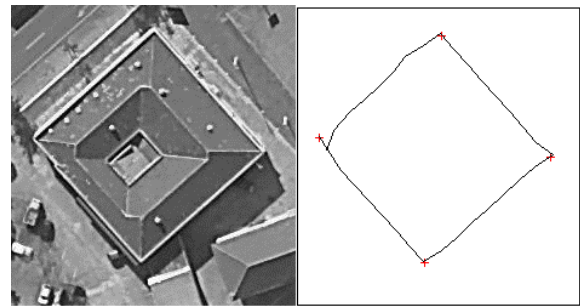


Figura 1 – À esquerda, amostra da imagem, e à direita, resultado após a extração.

### 4 CONCLUSÕES

Neste artigo foi apresentado um método para a extração de contornos de edifícios baseado em *snakes* com penalização de sombra. O resultado apresentado teve por objetivo exemplificar o funcionamento do método. No futuro serão realizados novos experimentos para avaliar a capacidade do método em diferenciar contornos de sombra e de edifícios..

### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOURIS, P. *et al.* **Dynamic node distribution in adaptive snakes for road extraction.** In: 14<sup>th</sup> Annual Vision Interface Conference. pp. 134-140, 2001.
- DAL POZ, A. P.; VALE, G. M. **Dynamic programming approach for semi-automated road extraction from medium- and high-resolution images,** In: *ISPRS Archives*, pp. 87-92, 2003.
- DAL POZ, A. P.; GALLIS, R. B. A.; SILVA, J. F. C. **Three-dimensional semiautomatic road extraction from a high-resolution aerial image by dynamic-programming optimization in the object space,** *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, v. 7, n. 4, pp. 796 – 800, 2010.
- KASS, M.; WITKIN, A.; TERZOPOULOUS, D. **Snakes: Active contour models.** *International Journal of Computer Vision*, v. 1, n. 4, p. 321-331, 1987.
- LI, H. **Semi-automatic road extraction from satellite and aerial images.** PhD thesis, Institute of Geodesy and Photogrammetry, ETH-Zurich, Switzerland, 161p., 1997.
- OLIVEIRA, R. M. S. **Extração de rodovias utilizando snakes.** Dissertação de Mestrado em Ciências Cartográficas, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente. 2003, 80p.